

МОНИТОРИНГ ТЕХНОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ СНЕЖНОГО ПОКРОВА Г. ВОРОНЕЖА

Е. В. Беспалова, Т. И. Прожорина, С. А. Куролап

Воронежский государственный университет, Россия

Поступила в редакцию 14 апреля 2014 г.

Аннотация: Многолетний мониторинг снежного покрова позволяет выявить пространственно-временные особенности распределения химических веществ, выявить очаги загрязнения и определить тенденцию в изменении качества окружающей среды. В работе приведены результаты исследования химического состава снега, выпавшего в г. Воронеже за зимний период 2012-2013 и 2013-2014 гг. Выявлены корреляционные зависимости между веществами, загрязняющими снежный покров. Получены ряды коэффициентов аномальности среди анионов, которые косвенно отражают состав техногенных выбросов в атмосферу.

Ключевые слова: мониторинг загрязнения, геохимия снежного покрова, ряды коэффициентов аномальности.

Abstract: The article is devoted to the long-term monitoring of the snow cover, which allows to reveal spatial and temporal features of chemical substances' distribution, identify pollution center and define a trend in change of the environmental quality. The article provides the results of the research of the chemical composition of snow in the Voronezh City for winter period of 2012-2013 and 2013-2014. Correlations between the snow cover pollutants, the number of anomalousness coefficients among anions which indirectly represent the composition of technogenic emissions into the atmosphere are also given in the article.

Key words: pollution monitoring, geochemistry of snow cover, a series of anomalousness coefficients.

Проблема экологической деградации городских территорий приобретает в настоящее время все большую актуальность. Благодаря возрастающему «антропогенному давлению» крупный город изменяет почти все компоненты природной среды: микроклимат и состояние воздушного бассейна, подземные воды, почвенный покров, растительность. Наиболее динамичным и поэтому наиболее сложным для анализа компонентом урбанизированной среды является атмосферный воздух, загрязнение которого вызывает рост экологически обусловленных заболеваний населения.

Для мониторинга воздушной среды можно использовать различные методы анализа, каждый из которых имеет свои ограничения и достоинства. В настоящее время наиболее востребованными и достаточно информативными являются экспрессные методы контроля качества окружающей среды, которые позволяют произвести относительно быструю оценку эколого-геохимической обстановки. Один из таких методов основан на использовании снежного покрова в качестве объекта эко-

лого-геохимической индикации. Снег обладает высокой сорбционной способностью и осаждает из атмосферы на земную поверхность значительную часть продуктов техногенеза. Многолетний мониторинг загрязнения снежного покрова позволяет выявить пространственно-временные особенности распределения химических веществ, выявить очаги загрязнения и определить тенденцию в изменении качества окружающей среды [2].

Наши исследования заключались в анализе данных мониторинга химического состава снежного покрова на территории г. Воронежа в течение 2013-2014 годов для оценки аэрогенного загрязнения городской среды.

В ходе полевых работ в период, предшествующий снеготаянию, в феврале 2013 и 2014 годов были отобраны 54 пробы снега (по 27 проб в каждом году) в различных функциональных зонах г. Воронежа с разной степенью техногенного воздействия: 7 проб – в жилой зоне, 6 – в промышленной, 8 – в транспортной, 5 – в рекреационной и 1 проба фоновая. Причем 8 точек выбрано на левом берегу города, 18 – на правом и 1 точка (фон) – за пределами города (отобрана вблизи д. Медов-

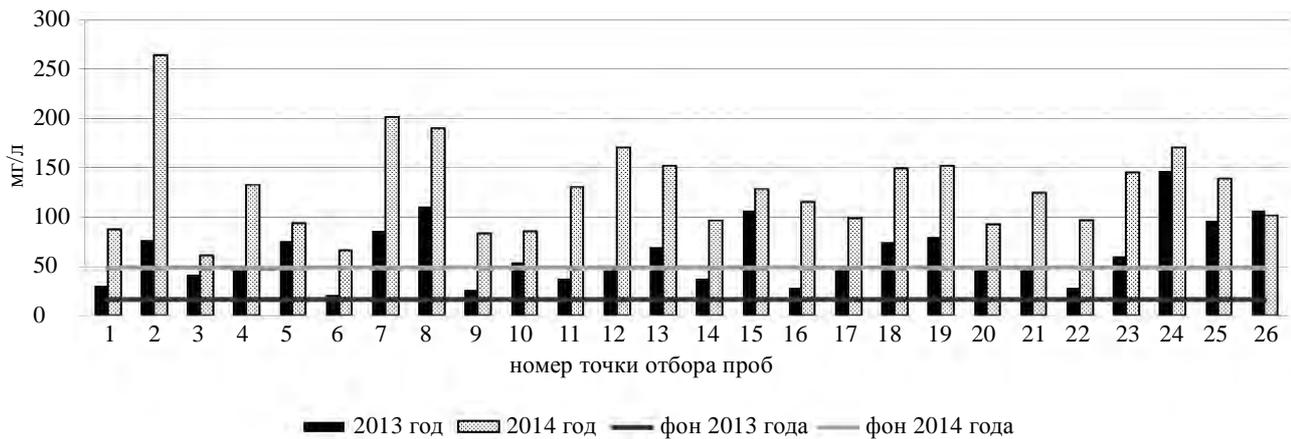


Рис. 1. Содержание взвешенных веществ в пробах снега

ка Рамонского района в 20 км от города; северное направление).

Отбор проб проводился по единой методике в период максимального накопления влаги в снеге. Методика отбора проб следующая. В месте отбора пробы на всю толщу снежного покрова (за исключением нижних 2-3 см во избежание загрязнения частицами почвы) врезали пластиковую трубку площадью сечения 78,5 см² и длиной 30 см; затем трубку вынимали из снега, поддерживая снизу пластмассовой лопаткой [2]. Далее пробы снега растапливались при комнатной температуре, талую воду фильтровали. По осадку, полученному на фильтре, определяли количество взвешенных частиц в отобранной пробе, а в фильтрате определяли следующие показатели: NH₄⁺, NO₃⁻, NO₂⁻ (колориметрический метод); минерализация (кондуктометрический); общая жесткость, Ca²⁺, Cl⁻, SO₄²⁻, HCO₃⁻ (титриметрический); pH (потенциометрический); Mg²⁺ (расчетный) [5].

Исследования химического состава проб снега проводили в эколого-аналитической лаборатории факультета географии, геоэкологии и туризма Воронежского госуниверситета.

Поскольку ГОСТа Российской Федерации по загрязнению снежного покрова не существует, а применение нормативных документов поверхностных вод к талой воде не всегда обосновано, то для более объективной характеристики загрязнения снежного покрова сопоставляли концентрации поллютантов городских проб снега с соответствующими значениями их фонового аналога [3]. Также в работе применяли корреляционный анализ, который включал построение матриц коэффициентов парной корреляции между концентрациями веществ в снежном покрове.

Результаты проведенного исследования позволили выявить следующие пространственно-временные особенности распределения загрязняющих веществ в снежном покрове г. Воронежа.

Уровень pH снежных проб в 2014 году снизился по сравнению с 2013 годом. Этот процесс подкисления можно объяснить увеличением содержания в снеге сульфат- и нитрат-ионов. А это, в свою очередь, свидетельствует о росте выбросов оксидов серы и азота в окружающую среду по сравнению с предыдущим годом. В пространственном выражении наиболее высокие значения pH снега (щелочные осадки) характерны для проб, отобранных в транспортной зоне (в среднем в 2013 году – 7,5-8,2, в 2014 году – 6,6-6,8), а более низкие – для проб, отобранных в зоне рекреации и некоторых точках жилой зоны.

Помимо увеличения серноокислых и азотистых соединений, в пробах 2014 года отмечается также резкое увеличение содержания взвешенных веществ (рис. 1). Наибольшие значения взвешенных веществ и в 2013, и в 2014 годах характерны для проб, отобранных в транспортной (точки 8, 24, 18, 25) и промышленной (точки 2, 7, 13, 19, 23) зонах. Напротив, низкие значения взвешенных веществ отмечаются в пробах снега, отобранных в рекреационной и жилой зонах, где воздействие антропогенного фактора снижается. Это объясняется тем, что основными источниками поступления твердых веществ в атмосферный воздух г. Воронежа являются автомобильный транспорт и объекты теплоэнергетики, в частности, тепловые станции.

Как известно, при поступлении больших количеств пыли в окружающую среду наблюдается подщелачивание снеговых вод и увеличение содержания кальция, магния, гидрокарбонат-ионов за

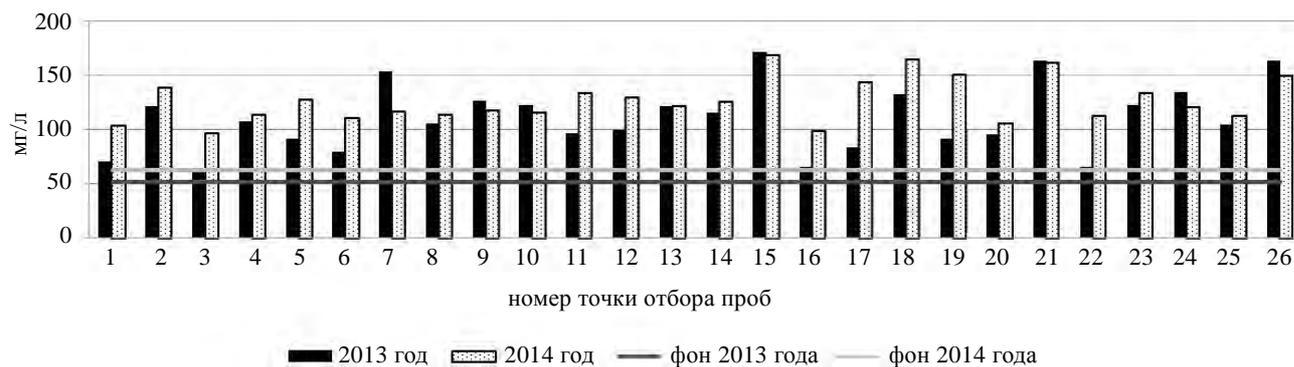


Рис. 2. Степень минерализации проб снега

Таблица

Ряды коэффициентов аномальности среди анионов

| Функциональная зона | 2013 год | 2014 год |
|---------------------|--|---|
| Жилая | $\text{Cl}^- (2,0-4,0) > \text{NO}_2^- (1,2-3,8) > \text{SO}_4^- (1,1-2,7) > \text{HCO}_3^- (1,3-2,0) > \text{NO}_3^- (0,7-2,1)$ | $\text{NO}_3^- (3,8-12,2) > \text{NO}_2^- (2,4-5,5) > \text{Cl}^- (1,3-4,8) > \text{SO}_4^- (1,2-2,1) > \text{HCO}_3^- (1,1-2,1)$ |
| Промышленная | $\text{Cl}^- (3,0-7,0) > \text{NO}_2^- (1,8-8,6) > \text{HCO}_3^- (2,5-3,3) > \text{SO}_4^- (1,1-3,1) > \text{NO}_3^- (1,6-3,5)$ | $\text{NO}_3^- (2,3-10,2) > \text{NO}_2^- (2,3-9,8) > \text{Cl}^- (2,3-5,5) > \text{SO}_4^- (1,1-2,5) > \text{HCO}_3^- (1,4-2,9)$ |
| Транспортная | $\text{Cl}^- (2,0-9,0) > \text{NO}_2^- (3,0-7,0) > \text{HCO}_3^- (1,5-4,0) > \text{SO}_4^- (1,2-3,3) > \text{NO}_3^- (1,2-4,0)$ | $\text{NO}_3^- (7,6-16,5) > \text{NO}_2^- (4,4-9,3) > \text{Cl}^- (2,8-6,3) > \text{HCO}_3^- (1,4-2,6) > \text{SO}_4^- (1,2-2,2)$ |
| Рекреационная | $\text{Cl}^- (2,0-5,0) > \text{NO}_2^- (1,0-2,2) > \text{SO}_4^- (1,1-2,6) > \text{HCO}_3^- (1,3-1,7) > \text{NO}_3^- (0,5-1,5)$ | $\text{NO}_3^- (1,3-2,8) > \text{Cl}^- (1,8-2,8) > \text{NO}_2^- (1,1-3,2) > \text{SO}_4^- (1,5-2,5) > \text{HCO}_3^- (1,0-1,5)$ |

счет растворения техногенных карбонатов, содержащихся в пыли [3]. Проведенные нами расчеты показали наличие достоверной положительной корреляционной связи средней силы между содержанием взвешенных веществ в снеге и уровнем рН ($r=0,48$), а также между следующими показателями: взвешенные вещества – ионы кальция ($r=0,52$), взвешенные вещества – величина общей жесткости ($r=0,42$).

Содержание гидрокарбонат-ионов в 2014 году выше аналогичных показателей 2013 года и также коррелирует со значением взвешенных веществ ($r=0,51$). В целом, величина HCO_3^- -ионов в снежных пробах изменяется от 9,35 до 29,92 мг/л (в 2013 году) и от 11,55 до 34,65 мг/л (в 2014 году). Максимальные значения HCO_3^- -ионов отмечаются в точках транспортной зоны и, частично, – промышленной зоны. Минимальные значения HCO_3^- -ионов отмечаются в пробах снега, отобранных в зоне рекреации (точка б) и жилой зоне (точки 16, 20, 1).

Содержание хлорид-ионов, наоборот, снизилось во многих исследуемых точках. Это объясняется малоснежной зимой 2014 года, что привело к сокращению доз песчано-соляной смеси, применяемой для обработки дорог. Максимальные концентрации Cl^- -ионов отмечаются в точках транспортной зоны (8, 15, 21, 24, 25) и превышают фоновые показатели более чем в 4 раза.

Согласно проведенным ранее исследованиям, степень минерализации снеговых вод достоверно характеризует интенсивность техногенного воздействия на городскую среду [1]. Минерализация снежных проб в 2014 году увеличилась, что связано с увеличением содержания основных катионов и анионов (рис. 2). Это свидетельствует об увеличении «антропогенного давления» на среду. Максимальные значения минерализации характерны для проб, отобранных в транспортной (точки 15, 18, 21) и промышленной (точки 2, 7, 13, 19, 23, 26) зонах, а минимальные – для точек рекреационной (3, 22, 6) и жилой зон (1, 16).

Путем сопоставления химического состава проб снега в исследуемых зонах с фоном были получены ряды коэффициентов аномальности среды анионов в снежном покрове (таблица).

Полученные ряды свидетельствуют о том, что в пробах снега всех функциональных зон г. Воронежа преобладающее место занимали в 2013 году – Cl^- , NO_2^- , SO_4^- ионы, в 2014 году – NO_3^- , NO_2^- , Cl^- -ионы, что косвенно отражает состав техногенных выбросов в атмосферу. Перемещение Cl^- -ионов с 1 на 3 позицию связано, по-видимому, с меньшей продолжительностью периода устойчивого снежного покрова в 2014 году и, соответственно, с меньшим количеством применяемой песко-соляной смеси для обработки дорог.

Таким образом, двухлетний мониторинг загрязнения снежного покрова на территории города Воронежа показал, что наблюдается тенденция увеличения минерализации снежных проб, содержания в них основных анионов и катионов (SO_4^{2-} , HCO_3^- , NH_4^+ , NO_3^- , NO_2^-), а также взвешенных веществ. Это свидетельствует о росте техногенной нагрузки на городскую среду. В тоже время снились рН талой воды, а также содержание Cl^- -ионов, зависящих от количества вносимых доз противогололедных реагентов.

Беспалова Елена Владимировна
магистрант экологии и природопользования факультета географии, геоэкологии и туризма Воронежского государственного университета, г. Воронеж, т. 8-950-770-00-03, E-mail: elena_bespalova@bk.ru

Прожорина Татьяна Ивановна
кандидат химических наук, доцент кафедры геоэкологии и мониторинга окружающей среды факультета географии, геоэкологии и туризма Воронежского государственного университета, г. Воронеж, т. (473) 266-56-54, E-mail: coriandre@rambler.ru

Куролап Семен Александрович
доктор географических наук, профессор, заведующий кафедрой геоэкологии и мониторинга окружающей среды факультета географии, геоэкологии и туризма Воронежского государственного университета, г. Воронеж, т. (473) 266-56-54, E-mail: skurolap@mail.ru

Экспериментальные данные подтверждают, что основным источником загрязнения приземных слоев атмосферы и снежного покрова в городе Воронеже выступает автотранспорт, а исследуемые функциональные зоны по степени техногенного загрязнения можно расположить в следующей последовательности по убыванию уровня загрязнения: транспортная зона > промышленная зона > жилая и рекреационная зоны > фоновая территория.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Беспалова Е. В. Оценка геохимического состояния снежного покрова г. Воронежа / Е. В. Беспалова, Т. И. Прожорина, С. А. Куролап // Вестник Воронежского государственного университета. Сер. География. Геоэкология. – 2013. – № 1. – С. 137-141.
2. Гаврилова И. П. Практикум по геохимии ландшафта / И. П. Гаврилова, Н. С. Касимов. – Москва : Издательство Московского университета, 1988. – 447 с.
3. Касимов Н. С. Экогеохимия городских ландшафтов / Н. С. Касимов. – Москва : Издательство Московского университета, 1995. – 336 с.
4. Мониторинг загрязнения снежного покрова / В. Н. Василенко [и др.]. – Ленинград : Гидрометеиздат, 1985. – 182 с.
5. Эколого-аналитические методы исследования окружающей среды: учебное пособие / Т. И. Прожорина [и др.]. – Воронеж : Истоки, 2010. – 304 с.

Bespalova Yelena Vladimirovna
Master of ecology and nature management, Department of the Geography, Geoecology and Tourism, Voronezh State University, Voronezh, tel. 8-950-770-00-03, E-mail: elena_bespalova@bk.ru

Prozhorina Tat'yana Ivanovna
Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor of the Chair of geoecology and monitoring of environment, Department of Geography, Geoecology and Tourism, Voronezh State University, Voronezh, tel. (4732) 66-56-54, E-mail: coriandre@rambler.ru

Kurolap Semyon Aleksandrovitch
Doctor of Geography, Professor, Head of the Chair of geoecology and monitoring of environment, Department of Geography, Geoecology and Tourism, Voronezh State University, Voronezh, tel. (4732) 66-56-54, E-mail: skurolap@mail.ru